

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ ПАМЯТИ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ТИПА

А. В. Поляков, А. А. Запольская

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: polyakov@bsu.by

Для осуществления высокоскоростной широкополосной системы обмена данными как между спутниками, так и с наземным сегментом все чаще предлагается использовать оптический диапазон. Одной из главных особенностей оптической системы по сравнению с радиосистемами являются существенно более узкие диаграммы направленности лучей и увеличенные коэффициенты усиления передающих оптических антенн (что позволяет получить большое отношение сигнал/шум и достичь очень высокой пропускной способности линий связи).

При высокоскоростной передаче информации для космического, а особенно для наземного сегмента спутниковых сетей связи, необходимо использовать специализированные быстродействующие буферные запоминающие устройства, позволяющие избежать потерь оптической информации при ее доставке конечному потребителю. Одним из перспективных направлений решения подобных задач является использование волоконно-оптических динамических запоминающих устройств (ВОДЗУ). Достоинством ВОДЗУ является то, что запись информационного потока в них осуществляется в реальном масштабе времени, а хранение данных в цифровой и аналоговой форме возможно в течение времени, необходимого для их последующей обработки. Кроме того, в оптоволоконных системах существует возможность организации по одному световоду одновременно нескольких информационных каналов, используя DWDM-технологии (плотное мультиплексирование с разделением по длинам волн лазерного излучения). Проведенные на основе существующей оптоэлектронной элементной базы исследования показали, что ВОДЗУ могут оперировать потоками информации со скоростями до 10 Гбит/с на один информационный канал при прямой модуляции инжекционных полупроводниковых источников излучения.

Нами разработана архитектура цифрового волоконно-оптического динамического запоминающего устройства со спектральным уплотнением информационных каналов. Отличительной особенностью данной структуры является использование, во-первых, комбинации стандартного одномодового волокна и волокна с отрицательной дисперсией, что позволило уменьшить результирующую хроматическую дисперсию более чем на два порядка, во-вторых, двух волоконно-оптических эрбиевых

усилителей, один из которых является линейным усилителем и компенсирует потери в петле рециркуляции, а второй представляет собой выходной усилитель мощности и позволяет исключить использование электронных усилителей на выходе каждого фотоприемника. С целью увеличения времени хранения информации 2R-регенерация (re-amplification+re-shaping) циркулирующих информационных сигналов осуществляется в оптическом диапазоне, что дает возможность работать с гигагерцовыми скоростями записи информационного потока и не осуществлять промежуточное периодическое преобразование сигналов из оптического диапазона в электрический и обратно. Поскольку ширина полосы усиления волоконных усилителей составляет 35–40 нм и спектральный интервал между информационными каналами равняется 0,8 нм, следовательно, запоминающее устройство позволяет проводить одновременную запись и считывание по 32 информационным каналам на разных длинах волн, при этом существует возможность организовать еще несколько дополнительных вспомогательных служебных каналов.

На основе разработанной математической модели проведено исследование динамики изменения длительности циркулирующих импульсов и информационных параметров ВОДЗУ в зависимости от числа спектральных каналов и скорости записи информации с учетом дисперсионных свойств волоконного световода, фазовой автомодуляции и эффекта межсимвольных помех. Проведены исследования эффекта разрушения оптических информационных полей в процессе хранения цифровой информации при спектральной и временной компрессии входных потоков. В качестве линии задержки использовался комбинированный световод с коррекцией хроматической дисперсии, состоящий из 20 км стандартного одномодового волокна (дисперсия 16,5 пс/нм·км на $\lambda = 1550$ нм) и 5 км компенсирующего волокна (дисперсия минус 66 пс/нм·км на $\lambda = 1550$ нм). Одним из критериев, по которым оцениваются информационные параметры ВОДЗУ, является условие $\tau/T_i \leq 0,6$, где τ – длительность информационных импульсов на входе решающего устройства, T_i – величина тактового интервала. В этом случае влиянием межсимвольных помех можно пренебречь. В результате проведенного численного моделирования получили, что для $k = 32$ время хранения информации равно $t_{xp1} = 1,2$ с ($B = 2,5$ Гбит/с) и $t_{xp2} = 0,25$ с ($B = 10$ Гбит/с) при условии, что вероятность ошибки BER не превышает 10^{-9} ; информационная емкость составляет $W_1 = 1,2$ Мбайт ($B = 2,5$ Гбит/с) и $W_2 = 4,8$ Мбайт ($B = 10$ Гбит/с), при этом время последовательного считывания всей информации не превышает 120 мкс.